

Pengaruh Penambahan Jumlah *User* Terhadap Trafik *Voice Over IP* Pada Jaringan LTE Menggunakan *Network Simulator 2.33*

Muhammad Abrar*, Anhar**, Yusnita Rahayu**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau, *Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
E-mail : mhdabrar21@gmail.com

ABSTRACT

One of networks which can support voice traffic is LTE. The purpose of this study is to analyze the effect increased number of user and other traffic to Voice over IP traffic in LTE Network. Simulation study is done by NS 2.33 (Network Simulator 2.33) which consist of two scenario. First scenario use 1 server, 1 gateway, 1 eNodeB with increased number of user until 65, on the other hand second scenario use 1 server, 1 gateway, 1 eNodeB with increased number of user until 65 and add constant bit rate traffic. The research shows that increased number of user will effect the value of average througput, average delay, and average jitter. Meanwhile adding constant bit rate traffic has more significant effect to the value of average delay and average jitter. The highest throughput in scenarios 1 and 2 is achieved with a value of 46714.6 kbps and 57113.3 kbps respectively. Futhermore the lowest delay in scenarios 1 and 2 achieved with a value of 0.053 ms and 0.102 ms. Finally the lowest jitter in scenarios 1 and 2 achieved with a value of 0.0338503 ms and 0.0169908 ms.

Keywords : LTE, NS 2, VoIP

I. PENDAHULUAN

LTE merupakan pengembangan dari jaringan sebelumnya yaitu W-CDMA, 1.28 Mcps, HSDPA, HSUPA, HSPA+. LTE sendiri juga dilakukan pengembangan yaitu *LTE Release 8* yang merupakan awal perkembangan teknologi LTE. Dilanjutan dengan *LTE Release 9* dimana dilakukan peningkatan kecil dari LTE sebelumnya. Dan *LTE Release 10* merupakan pengembangan selanjutnya atau biasa disebut *LTE-Advanced* (Nakamura, 2010).

Beberapa penelitian terkait seperti "*LTE/SAE Model and its Implementation in NS 2*" membahas tentang model simulasi suatu trafik LTE pada NS 2. Dari penelitian tersebut dilakukan simulasi menggunakan 4 kelas trafik. Dan dari kelas trafik tersebut memiliki prioritas masing-masing dalam penjadwalan. Yang menjadi perhatian pada penelitian ini jumlah *user* yang digunakan hanya 10 *user* dalam simulasinya. Hasil penelitian ini adalah bagaimana pemodelan dan

implementasi LTE beserta hasil *throughput*, *delay* dan *jitter* masing-masing trafik pada NS 2.

Penelitian "*Analisis Perbandingan Algoritma Penjadwalan PF dan MLWDF Pada Kasus Multicell Jaringan Long Term Evolution*" membahas tentang algoritma penjadwalan pada trafik menggunakan LTE-Sim v.5. Parameter seperti penambahan jumlah *user* dan kecepatan pergerakan *user* mempengaruhi hasil dari penelitian. Trafik dalam simulasi adalah trafik VoIP. Hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa bertambahnya *user* dan kecepatan pergerakan *user* mempengaruhi kualitas layanan VoIP.

Simulasi *LTE-Advanced* dipaparkan dalam penelitian "*A Realistic Model and Simulation Parameters of LTE-Advanced Networks*". Simulasi dilakukan menggunakan NS 2. Jenis trafik yang digunakan adalah FTP dengan transpor protokol TCP. Penggunaan jumlah *user* terbatas hanya 10 *user*. Hasil dari penelitian ini berupa konsep baru dari *LTE-Advanced* yaitu dengan adanya

penambahan *relaying node* serta mendapatkan model yang efisien.

Berdasarkan penelitian “*Utility Based Scheduling and Call Admission Control for LTE (3GPP) Networks*” membahas tentang penjadwalan trafik *real time* dan *non real time* dengan parameter jumlah *user equipment* 5. Penelitian ini menyimpulkan bahwa besarnya data *rate* akan mempengaruhi nilai dari *bandwidth*, *throughput*, *delay* dan *fairness index*.

Berdasarkan penelitian terkait maka penelitian ini membahas bagaimana pengaruh penambahan jumlah *user* serta penambahan trafik *constant bit rate* terhadap trafik VoIP. *Constant bit rate* merupakan trafik jenis streaming. Penggunaan trafik *constant bit rate* sebagai trafik tambahan karena memiliki prioritas kedua setelah trafik VoIP serta memiliki kecepatan dalam pengiriman datanya. Dengan melakukan simulasi pada trafik VoIP dilakukan analisa hasil terhadap *average throughput*, *average delay* dan *average jitter* yang menjadi pertimbangan kinerja jaringan LTE.

Penelitian ini akan membahas bagaimana pengaruh penambahan jumlah *user* serta penambahan trafik *constant bit rate* terhadap trafik VoIP. Dimana *Constant bit rate* merupakan trafik jenis streaming. Penggunaan trafik *constant bit rate* sebagai trafik tambahan karena memiliki prioritas kedua setelah trafik VoIP serta memiliki kecepatan dalam pengiriman datanya.

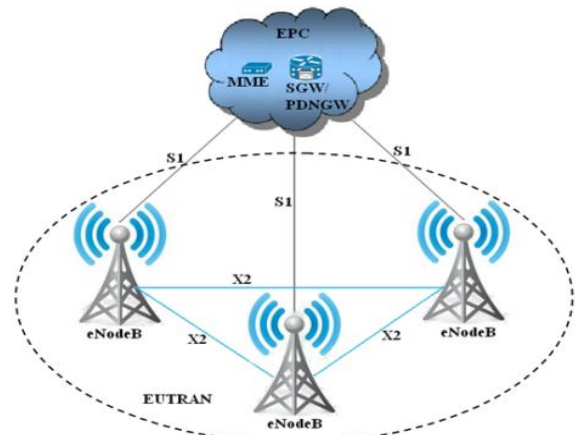
II. LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian LTE

Long Term Evolution (LTE) merupakan suatu evolusi teknologi dalam dunia jaringan *mobile* yang menawarkan berbagai keuntungan, terutama dalam hal kecepatan akses. LTE memberikan tingkat kapasitas *downlink* minimal 100 Mbps dengan menggunakan OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) dan *uplink* paling sedikit 50 Mbps dengan menggunakan SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access*) dan *round trip* kurang dari 10 ms (Fajri, 2014).

2.2. Arsitektur Jaringan LTE

Arsitektur jaringan LTE dirancang untuk tujuan mendukung trafik *packet switching* dengan mobilitas tinggi, *quality of service* (QoS), dan *latency* yang kecil. LTE secara umum memiliki network elemen seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Arsitektur jaringan LTE (Ghassan, 2012)

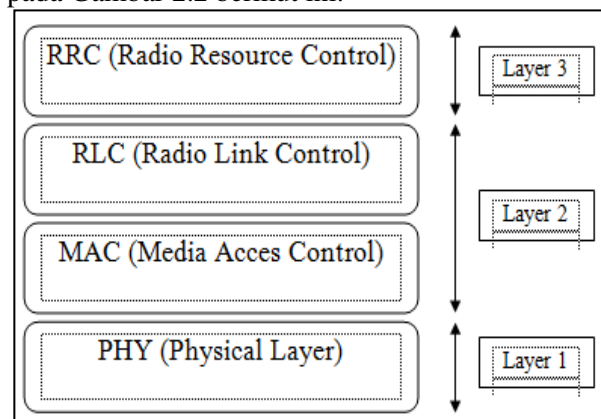
Dimana arsitektur tersebut terdiri dari :

1. eNodeB
2. *Mobility Management Entity/Gateway*
3. *Serving Gateway* (SGW)
4. *Home Subscriber Server* (HSS)
5. *User Equipment*

Arsitektur jaringan LTE dirancang sesederhana mungkin, yaitu hanya terdiri dari dua *node* yaitu eNodeB dan *mobility management entity/gateway* (MME/GW). Berbeda dengan teknologi GSM dan UMTS yang memiliki struktur lebih kompleks dengan adanya *radio network controller* (RNC). Keuntungan yang dapat diperoleh dengan hanya menggunakan *single node* pada jaringan akses adalah pengurangan *latency* dan distribusi beban proses RNC untuk beberapa eNodeB. (Fajri, 2014).

2.3. Layer LTE (Fajri, 2014)

Layer merupakan suatu standar tingkatan yang memiliki fungsi masing-masing dan berperan memproses bagaimana suatu data dikirimkan. *Layer* pada LTE tersusun atas 3 *layer*, seperti pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2. Layer LTE

Fungsi masing-masing *layer* pada *layer* LTE seperti yang terlihat pada Gambar 2.2 adalah:

1. *Layer 1 (PHY)*
Physical layer melakukan deteksi kesalahan pada saluran transportasi dan mengindikasikan ke *layer* di atasnya, serta menginformasikan pula modulasi dan demodulasi, sinkronisasi waktu dan frekuensi, pengolahan radio frekuensi dan MIMO *processing* jika digunakan.
2. *Layer 2 (MAC dan RLC)*
 MAC akan melakukan koreksi kesalahan melalui HARQ (*Hybrid Automatic Repeat Request*) dan penjadwalan *user*. RLC akan mengoreksi kesalahan melalui ARQ (*Automatic Repeat Request*), retransmisi, deteksi dan pemulihan kesalahan protokol serta mengirim PDU (*Packet Data Unit*) ke *layer* atasnya.
3. *Layer 3 (RRC)*
 RRC memiliki fungsi utama melakukan pembentukan, pemeliharaan dan pelepasan koneksi antara UE dan E-UTRAN dalam eNodeB, serta melakukan manajemen QoS dan mobilitas.

2.4. Parameter Dasar LTE[3GPP TS 36.101]

Dalam jaringan LTE parameter dasar yang membangun jaringan tersebut antara lain :

1. Frekuensi kerja
 Jaringan LTE bekerja pada frekuensi seperti yang ditunjukkan Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Frekuensi kerja jaringan LTE[PerMenKomInfo No 27 Tahun 2015]

LTE Band Number (f)	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Mode Duplex
1 (2100)	1920 – 1980	2110 – 2170	FDD
3 (1800)	1710 – 1785	1805 – 1880	FDD
5 (800)	824 – 849	869 – 894	FDD
8 (900)	880 – 915	925 – 960	FDD
40 (2300)	2300 – 2400	2300 – 2400	TDD

2. *Duplexing*
 FDD, TDD, *half-duplex* FDD.
3. *Channel Coding*
Turbo Code.
4. *Mobility*
 350 km/h.
5. *Channel Bandwidth* (MHz)
 1.4, 3, 5, 10, 15, 20.
6. *Transmission Bandwidth Configuration* NRB:
 (1 *resource block* = 180 kHz in 1ms TTI)
 6, 15, 25, 50, 75, 100.
7. *Modulation schemes*
 UL : QPSK, 16QAM, 64QAM(*optional*).
 DL : QPSK, 16 QAM, 64QAM.
8. *Multiple acces schemes*
 UL : SC-FDMA.
 DL : OFDM.
9. *Multi-Antenna Technology*
 UL : *Multi-user collaborative* MIMO.
 DL : TxAA, *spatial multiplexing*, CDD, *max* 4x4 *array*.
10. *Peak Data Rate*
 UL : 75 Mbps (20 MHz *bandwidth*).
 DL : 150 Mbps (UE *Category* 4, 2x2 MIMO, 20 MHz *bandwidth*).
 DL : 300 Mbps (UE *Category* 5, 4x4 MIMO, 20 MHz *bandwidth*).
11. MIMO (*Multiple Input Multiple Output*)
 UL : 1x2, 1x4.
 DL : 2x2, 4x2, 4x4.
12. *Coverage*
 5-100 Km.
13. QoS (*Quality of Service*)
 E2E QoS mengizinkan prioritas tertentu pada layanan dengan kelas yang berbeda.
14. *Latency*
End-user latency < 10 ms.

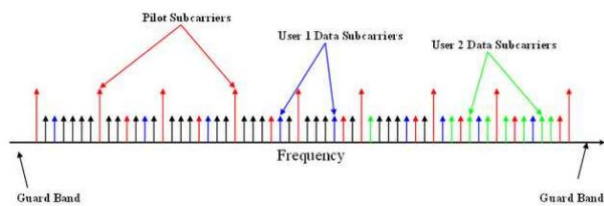
2.5. Teknologi LTE

Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)(Riyansyah,2010)

Teknologi LTE menggunakan OFDM-*based* pada suatu *air interface* yang sepenuhnya baru yang merupakan suatu langkah yang radikal dari 3GPP. Teknologi OFDM-*based* dapat mencapai data *rates* yang tinggi dengan implementasi yang lebih sederhana menyertakan biaya relatif lebih rendah dan efisiensi konsumsi energi pada perangkat kerasnya.

LTE menghilangkan keterbatasan WCDMA dengan mengembangkan teknologi OFDM yang memisah kanal 20 MHz ke dalam beberapa *narrow* sub kanal. Masing-masing *narrow* sub kanal dapat mencapai kemampuan maksimumnya dan sesudah itu sub kanal

mengkombinasikan untuk menghasilkan total data keluarannya.



Gambar 2.3. *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*

Gambar 2.3 merupakan modulasi OFDMA yang menghindari permasalahan yang disebabkan oleh pemantulan *multipath* dengan mengirimkan pesan per *bits* secara perlahan. Beribu-ribu sub kanal *narrow* menyebar untuk mengirimkan banyak pesan dengan kecepatan yang rendah secara serempak kemudian mengkombinasikan pada penerima kemudian tersusun menjadi satu pesan yang dikirim dengan kecepatan tinggi. Metode ini menghindari distorsi yang disebabkan oleh *multipath*.

LTE menggunakan OFDMA pada *downlink* dan *Single Carrier-Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA) pada *uplink* nya. SC-FDMA secara teknis serupa dengan OFDMA tetapi lebih cocok diaplikasikan pada *device handheld* karena lebih sedikit dalam konsumsi baterai.

Multiple Input Multiple Output (MIMO) (Riyansyah,2010)

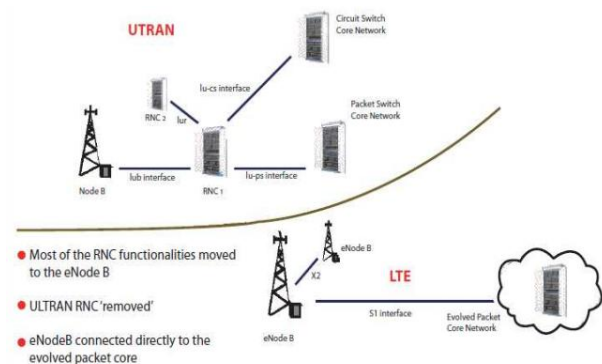
LTE mendukung teknik MIMO untuk mengirimkan data pada sinyal *path* secara terpisah yang menduduki *bandwidth* RF yang sama pada waktu yang sama, sehingga dapat mendorong pada peningkatan data *rates* dan *throughput*. Sistem antena MIMO merupakan metode pada suatu layanan *broadband* sistem *wireless* memiliki kapasitas lebih tinggi serta memiliki performa dan keandalan yang lebih baik.

Teknologi seperti MIMO dapat menghasilkan frekuensi yang efisien yaitu dengan mengirimkan informasi yang sama dari dua atau lebih pemancar terpisah kepada sejumlah penerima, sehingga mengurangi informasi yang hilang dibanding bila menggunakan sistem transmisi tunggal. Pendekatan lain yang akan dicapai pada sistem MIMO adalah teknologi *beam forming* yaitu mengurangi gangguan interferensi dengan cara mengarahkan radio *links* pada penggunaan secara spesifik.

Teknologi Evolved Packet Core (EPC) (Riyansyah,2010)

Evolved Packet Core pada LTE adalah arsitektur jaringan yang telah disederhanakan, dirancang untuk *seamless* integrasi dengan komunikasi berbasis jaringan IP. Tujuan utamanya adalah untuk menangani rangkaian dan panggilan multimedia melalui konvergensi pada inti IMS. EPC memberikan sebuah jaringan *all-IP* yang memungkinkan untuk konektivitas dan peralihan ke lain akses teknologi, termasuk semua teknologi 3GPP dan 3GPP2 serta WiFi dan *fixed line broadband* seperti DSL dan GPON.

Semua masalah pemrosesan paket IP dikelola pada *core* EPC, memungkinkan waktu respons yang lebih cepat untuk penjadwalan dan re-transmisi dan juga meningkatkan *latency* dan *throughput*.



Gambar 2.4. *Evolved Packet Core*

Pada gambar 2.4 *Evolved Packet Core* dalam arsitektur jaringan LTE memungkinkan terhubung langsung atau melakukan perluasan jaringan ke jaringan nirkabel lainnya. Sehingga operator dapat mengatur fungsi kritis seperti mobilitas, *handover*, *billing*, otentikasi dan keamanan dalam jaringan selular.

IP dikembangkan pada *wired networks* data *link* dimana *end point* dan terkait kapasitas (*bandwidth*) statis. LTE menggunakan teknologi retransmisi di eNodeB, untuk mengelola beragam laju data yang sangat cepat. Hal tersebut memerlukan *buffering* dan mekanisme kontrol aliran ke eNodeB dari jaringan inti untuk mencegah *overflow* data atau *loss* bila tiba-tiba sinyal menghilang yang dipicu oleh *retransmission* tingkat tinggi.

2.6. Trafik LTE

Trafik yang dibangkitkan dalam jaringan LTE beragam seperti *voice*, *data*, *video*, maupun IPTV. Pembagian kelas trafik dalam LTE adalah sebagai berikut (Qin-long, 2009) :

1. *Conversational*
Contoh aplikasi : *Voice over IP*, *video conferencing*, *Telephony speech*.
Trafik simulasi : *Session/RTP*, *Session/RTPAgent*, *Session/RTCPAgent*.
2. *Streaming*
Contoh aplikasi : *Streaming video*, *streaming audio*.
Trafik simulasi : *CBR/UDPAgent*.
3. *Interactive*
Contoh aplikasi : *Web browsing*, *database retrieval*, *server acces*.
Trafik simulasi : *HTTP/TCPAgent*, *HTTP/Client*, *HTTP/Cache*, *HTTP/Server*.
4. *Background*
Contoh aplikasi : *Background download of emails*, *database*, *measurement records*.
Trafik simulasi : *FTP/TCPAgent*.

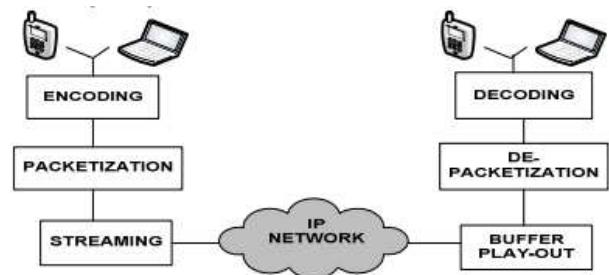
Berdasarkan pembagian diatas urutan kelas yang pertama adalah *conversational (class 0)*, *streaming (class 1)*, *interactive (class 2)* dan *background (class 3)*. Dimana trafik dengan *class 0* memiliki prioritas yang lebih utama dari trafik *class 3* dalam pengiriman data. Dengan melakukan simulasi pada trafik *Voice over IP (VoIP)* maka dalam simulasi menggunakan transport layer berupa *Session/RTPAgent*.

2.7. VoIP

Voice over Internet Protocol (VoIP) merupakan suatu teknologi yang dapat mengirimkan paket suara melalui jaringan Internet Protocol. Jaringan Internet Protocol (IP) sendiri merupakan jaringan komunikasi data yang berbasis *packet-switch*, sehingga dalam berkomunikasi menggunakan VoIP berarti menggunakan jaringan internet untuk melakukan komunikasi.

Arsitektur VoIP (Oluwadamilola, 2013)

Dalam pengiriman trafik VoIP terdapat beberapa proses yang penting yang menjadi arsitektur trafik tersebut. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5. Arsitektur VoIP

Gambar 2.5 menjelaskan setelah pembentukan panggilan menggunakan sinyal protokol, suara analog yang masuk dikonversikan menjadi aliran *bit* digital menggunakan sebuah *coder-decoder* atau kompresi - dekompresi algoritma dimana algoritma ini menyeleksi berdasarkan karakteristik keluaran. Setelah suara di *encode* kemudian dipecah menjadi paket yang didalamnya mengandung informasi *original* dari paket tersebut, serta diberi informasi yang berguna pada saat rekonstruksi kembali pada bagian *receiver*. Pada bagian penerima aliran paket yang telah diterima di *buffer* berdasarkan *original* waktu dari paket tersebut. Kemudian di *de-packetized* dan *decode* sampai bisa dirasakan pendengaran manusia.

Keuntungan dari implementasi VoIP pada jaringan LTE :

1. Memiliki kapasitas dan cakupan yang luas untuk mendukung penuh layanan multimedia.
2. Mendukung untuk layanan berlangsung dalam jarak yang jauh,
3. Merevolusi semua jaringan IP dengan sedikit *node* dan mengurangi *latency*.
4. Dari segi user lebih penghematan daya dari perangkat yang digunakan.

Komponen VoIP (Eko, 2012)

Secara umum VoIP memiliki empat komponen utama, yaitu :

1. *User Agent*, merupakan suatu komponen yang digunakan oleh pengguna untuk memulai dan menerima suatu sesi komunikasi.
2. *Proxy*, merupakan aplikasi *server* yang mengatur jaringan VoIP.
3. Protokol, merupakan aturan komunikasi yang terjadi antara *user agent* dengan *proxy*. Protokol yang sering digunakan untuk membangun jaringan VoIP adalah H.323 dan protokol *Session Initiation Protocol (SIP)*.
4. *Codec*, yaitu teknologi yang memampatkan data *voice* kedalam format lain sehingga menjadi lebih teratur dan mudah untuk dipaketkan.

Protokol H.323

Protokol H.323 merupakan protokol standar yang direkomendasikan oleh *International Telecommunications Union Telecommunications Sector* (ITU-T). Protokol H.323 dapat digunakan untuk layanan multimedia seperti komunikasi suara, video *telephony* dan data. Untuk jaringan VoIP, protokol H.323 terdiri atas empat komponen penting yang saling terhubung yaitu terminal, *gateway*, *gatekeeper*, dan *multipoint control unit*.

Protokol Session Initiation Protocol (SIP)

Session Initiation Protocol (SIP) merupakan protokol yang berada pada *layer* aplikasi yang mendefinisikan proses awal, perubahan dan pemutusan suatu sesi komunikasi multimedia. Protokol SIP ini didalamnya terdiri dari beberapa protokol, diantaranya adalah *Real Time Protocol* (RTP) dan *Real Time Control Protocol* (RTCP) yang berfungsi untuk mentransmisikan media serta mengetahui kualitas layanan, serta *Session Description Protocol* (SDP) yang mendeskripsikan media dalam suatu komunikasi. Komponen SIP yang berhubungan dengan VoIP adalah *User Agent* dan *Network Server*.

Compression/ Decompression (Codec)

Dengan adanya *Codec*, penggunaan bandwidth pada jaringan VoIP dapat dihemat. *International Telecommunication Union – Telecommunication Sector* (ITU-T) membuat beberapa standar untuk *voice code* dalam VoIP, yaitu : G.711, G.723.1, G.726, G.728 dan G.729.

1. G.711, adalah suatu standar internasional untuk kompresi *audio* dengan *bit rate* 64 kbps.
2. G.723.1, dapat digunakan pada *bandwidth* 5.3 – 6.3 kbps.
3. G.726, merupakan teknik pengkodean suara pada 40, 32 24 dan 16 kbps.
4. G.728, *codec* ini memiliki suara yang bagus dan spesifik serta didesain untuk *low latency applications* dengan *bit rate* 16 kbps.
5. G.729, salah satu *codec* yang berkualitas baik dengan hasil kompresi pada 8 kbps.

2.8. Perhitungan Throughput dan Delay Throughput (Meenal,2013)

Throughput merupakan jumlah bit yang berhasil dikirim pada suatu jaringan. Untuk menghitung *throughput* dapat menggunakan Persamaan 2.1

$$\text{Throughput} = \frac{(\text{total bytes received} \times 8)}{(\text{session ended at} - \text{session initiated at})} \dots\dots\dots (2.1)$$

Average delay(Meenal,2013)

Delay merupakan penundaan waktu suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik yang lain yang menjadi tujuannya. Untuk menghitung *delay* dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 2.2

$$\text{Avg. delay}_{\text{end-end}} = \frac{(\text{Total trans. delay of all received pkts})}{(\text{Number of pkts received})} \dots\dots\dots (2.2)$$

Average Jitter(Meenal,2013)

Jitter merupakan perbedaan selang waktu kedatangan antar paket di terminal tujuan, atau dengan kata lain jitter merupakan variasi dari delay. Untuk menghitung *delay* dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 2.3

$$\text{Avg. jitter}_{\text{end-end}} = \frac{(\text{Total pkt jitter of all received pkts})}{(\text{Number of pkts received} - 1)} \dots\dots\dots (2.3)$$

III. METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tahap-tahap dalam melakukan perancangan simulasi trafik VoIP jaringan LTE menggunakan *Network Simulator 2.33*. Perancangan yang dilakukan adalah pertama menentukan skenario yang akan disimulasikan dimana skenario 1 terdiri dari 1 *server* , 1 *gateway*, 1 *eNodeB* dengan penambahan *user* sampai 65, sedangkan skenario 2 terdiri dari 1 *server* , 1 *gateway*, 1 *eNodeB* dengan penambahan *user* sampai 65 serta ditambahkan trafik *constant bit rate*. Dan parameter yang akan ditinjau adalah *average throughput*, *average delay* dan *average jitter*.

3.1. Hardware dan Software

1. *Notebook*
Penggunaan *hardware* yang dalam simulasi adalah menggunakan *notebook* Acer Aspire 4530.
2. OS Ubuntu 12.04 dan Windows 7 Ultimate
Penggunaan sistem operasi ubuntu 12.04 karena *network simulator* bekerja dalam sistem operasi yang berbasis UNIX/Linux atau sejenisnya.

3. *Network Simulator 2.33*

Perangkat lunak ini digunakan untuk mendesain dan mensimulasikan trafik VoIP pada jaringan LTE.

4. *Microsoft Excel 2007*

Perangkat lunak ini digunakan untuk melakukan visualisasi grafik.

5. AWK

Perangkat lunak yang merupakan bagian *tool* dari NS 2.33 yang digunakan untuk mengolah data trafik selama simulasi.

3.2. Parameter Simulasi

Dalam menjalankan simulasi pada NS 2.33 ini parameter yang digunakan ada dua, pertama parameter *physical* yang digunakan berdasarkan *patch* yang digunakan dalam *software* dan yang kedua adalah parameter digunakan dalam simulasi.

Tabel 3.1 Parameter Physical Patch LTE

Antenna	Omni-directional Antenna
Frekuensi	914 MHz
Channel Bandwidth	10 MHz
Captured Power Threshold	10.0
Carrier Sense Threshold	1.559e-11
Receiver sensivity	3.652e-10
Skema Modulasi	BPSK

Tabel 3.2 Parameter Simulasi

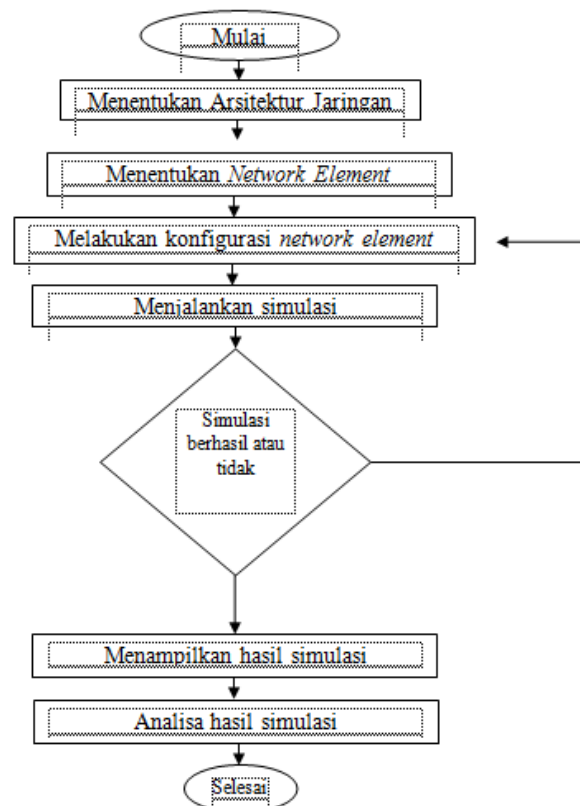
Jumlah Server	1
Jumlah Gateway	1
Jumlah eNodeB	1
Jumlah User	5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65
Trafik	VoIP (G.729)
Trafik bitrate	8 kbps
Bandwidth Link aGW-server	5 Gb delay 100 ms
Bandwidth Link aGW-eNB (UL)	2 Gb delay 10 ms
Bandwidth Link eNB-aGW (DL)	2 Gb delay 10 ms
Bandwidth Link UE-eNB (UL)	50 Mb delay 2 ms
Bandwidth Link eNB-UE (DL)	100 Mb delay 2 ms
Waktu simulasi	50 s

3.3. Skenario dan Diagram Alir Simulasi

Skenario pertama dalam simulasi ini adalah terletak pada penambahan jumlah *user* terhadap trafik VoIP dalam jaringan LTE. Dimana dalam skenario tersebut dilakukan penambahan jumlah *user* dengan kelipatan 5, dengan akhir skenario dengan jumlah *user* adalah 65.

Dan skenario kedua adalah ditambahkannya trafik *Constant Bit Rate* dalam simulasi dengan penambahan jumlah *user* dengan kelipatan 5, dengan akhir skenario dengan jumlah *user* adalah 65.

Untuk merancang simulasi dari skenario tersebut, berikut bentuk *flowchart* perancangan sistem yang dapat dilihat pada Gambar 3.11.

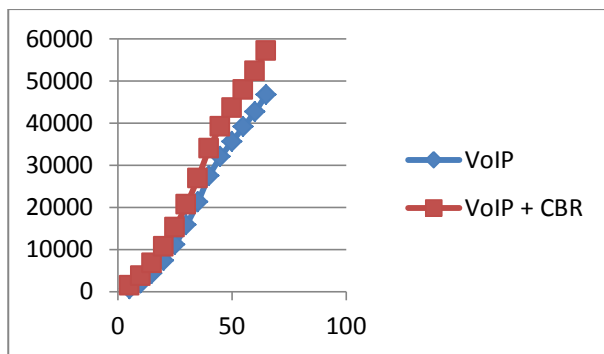


Gambar 3.11. *Flowchart* simulasi jaringan dengan *Network Simulator*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengaruh penambahan *user* serta penyisipan trafik lain terhadap trafik *Voice over IP* pada jaringan LTE yang disimulasikan menggunakan NS 2.33. Analisis yang dilakukan meliputi *average throughput*, *average delay*, dan *average jitter*. Dalam menganalisa hasil trafik yang dilakukan pada *file trace* adalah dengan menggunakan *tool* AWK yang ada pada NS 2.33.

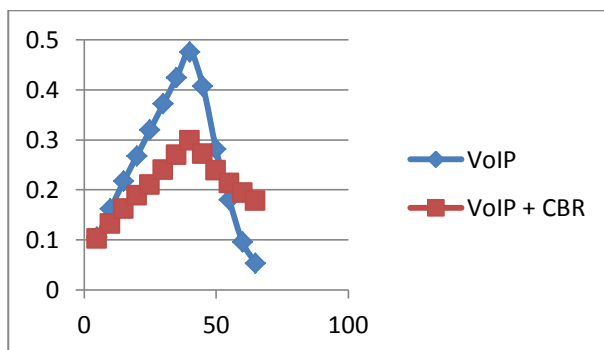
4.1. Analisis Average Throughput



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Average Throughput

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat terjadi peningkatan *average throughput* yang signifikan setelah ditambahkan suatu trafik lain dalam jaringan tersebut. Besarnya *average throughput* menandakan kemampuan pengiriman data yang dilakukan dalam jaringan LTE ini memiliki kemampuan yang bagus.

4.2. Analisis Average Delay

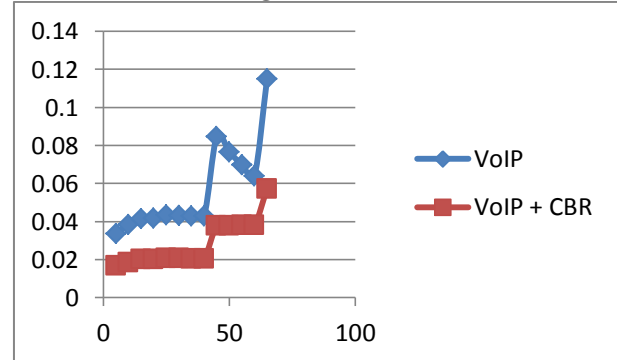


Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Average Delay

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bagaimana pengaruh penambahan jumlah *user* sangat mempengaruhi *average delay* dari suatu trafik dalam jaringan. Sehingga dalam jaringan LTE pun dengan meningkatnya jumlah *user* maka akan mempengaruhi meningkatnya *average delay* yang terjadi terhadap trafik VoIP tersebut.

Dengan mengacu pada Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika Nomor: 14/PER/M.KOMINFO/04/2011 Tentang Standar Kualitas Pelayanan Jasa Internet Teleponi untuk Keperluan Publik dalam hal ini trafik VoIP termasuk dalam peraturan. Dengan syarat standar *delay* memiliki nilai ≤ 50 ms. Melihat standar yang telah ditetapkan oleh peraturan Menteri maka hasil simulasi *delay* penelitian ini telah memenuhi standar yang telah ditetapkan.

4.3. Analisis Average Jitter



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Average Jitter

Gambar 4.3 dapat dilihat perubahan drastis *jitter* terjadi pada saat *user* 40 dan *user* 60. Dengan mengacu pada Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika Nomor 14/PER/M.KOMINFO/04/2011 Tentang Standar Kualitas Pelayanan Jasa Internet Teleponi untuk Keperluan Publik dalam hal ini trafik VoIP termasuk dalam peraturan. Dengan syarat standar *jitter* memiliki nilai ≤ 5 ms. Melihat standar yang telah ditetapkan oleh peraturan Menteri maka hasil simulasi *jitter* penelitian ini telah memenuhi standar yang telah ditetapkan.

4.4. Pengaruh Penambahan Trafik Constant Bit Rate

Dari hasil penelitian pada skenario diatas disimpulkan dengan adanya penambahan trafik *constant bit rate*, pengaruh yang terjadi adalah pada *average throughput* mengakibatkan bertambahnya total *throughput* yang terjadi didalam jaringan.

Sedangkan pada *average delay* penambahan trafik *constant bit rate* mempengaruhi *average delay* keseluruhan dengan pengurangan nilai *average delay* namun dengan perilaku yang sama seperti sebelum ditambakkannya trafik *constant bit rate*. Untuk hasil *average jitter* juga mengakibatkan pengurangan nilai *average jitter* setelah adanya penambahan trafik *constant bit rate* disertai perilaku yang sama.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis dari data yang didapatkan pada jaringan LTE, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan jumlah *user* akan mempengaruhi *average throughput* yang terjadi dalam jaringan LTE dimana semakin banyak *user* maka akan semakin banyak pula *average throughput* yang dihasilkan.
2. Penambahan jumlah *user* akan mempengaruhi nilai *average delay* dan *average jitter* dari trafik VoIP yang dibangkitkan dimana semakin banyak *user* maka *average delay* dan *average jitter* yang terjadi mengalami peningkatan.
3. Semakin besar *average throughput* menandakan kemampuan pengiriman data dari jaringan tersebut memiliki kemampuan yang bagus, sedangkan peningkatan nilai suatu *average delay* dan *average jitter* menandakan pengurangan dari kualitas layanan yang apabila melebihi nilai standar akan berdampak pada kualitas pada pelanggan.
4. Penambahan trafik *constant bit rate* dalam penelitian berdampak bertambahnya nilai *average throughput* namun berkurangnya nilai *average delay* dan *average jitter*nya.

5.2. Saran

1. Mempertimbangkan untuk meneliti QoS yang lain.
2. Mempertimbangkan jumlah *user* lebih banyak.
3. Menggunakan *software* simulasi lain selain *Network Simulator*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ghassan A Abed, Mahamod Ismail, Kasmiran Jumari. (2012). A Realistic Model and Simulation Parameters of LTE-Advanced Networks. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 2278 – 1021.
- Siti Amatullah Karimah, Maman Abdurrohman, Gandeva Bayu Satrya. 2013. Analisis Perbandingan Algoritma Penjadwalan PF dan MLWDF Pada Kasus Multicell Jaringan Long Term Evolution. Universitas Telkom, Bandung.
- Nakamura, Takehiro. (2010). Radio Access Networks-LTE progress report. 3GPP TSG-RAN Chairman.
- Sharat Kaushik, Poonam, Anita Tomar. (2014). A Comparative Analysis of Transport Layer Protocols. *International Journal of Information & Computation Technology*, 0974 – 2239.
- Qin-long Qiu, Jian Chen, Ling-di Ping, Qi-fei Zhang, Xue-zeng Pan. 2009. LTE/SAE Model and its Implementation in NS 2. Zhejiang University, Hangzhou, China.
- Oluwadamilola I. Adu, Babasanjo O. Oshin, Adeyemi A. Alatishe. (2013). VoIP on 3GPP LTE Network: A Survey. *Journal of Information Engineering and Applications*, 2224-5782.
- Budi Setiawan, Eko. (2012). Analisa Quality Of Services (QoS) Voice Over Internet Protocol (VoIP) Dengan Protokol H.323 Dan Session Initial Protocol (SIP). *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA)*, 2089-9033.
- Meenal and Kiran Ahuja. (2013). Performance Analysis of Multi Traffic over Multi Rate EDCA of WLAN Network. *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, 2233-7857.
- Fajri Fitrianto, M. 2014. Analisis Kinerja TCP BIC Untuk Pencegahan Kongesti Pada Jaringan LTE Dengan Menggunakan Network Simulator 2.33. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Riyansyah, Deris. 2010. Analisa Kelayakan Migrasi BTS 3G Berbasis WCDMA Menuju Jaringan LTE di DKI Jakarta (Studi Kasus : PT Telkomsel). Universitas Indonesia, Jakarta.
- 3GPP TS 36.101.
- Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2015 Tentang Persyaratan Teknis Alat Dan/ Atau Perangkat Telekomunikasi Berbasis Standar Teknologi *Long Term Evolution*.
- Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 14/ PER/ M. KOMINFO/ 04/ 2011 Tentang Standar Kualitas Pelayanan Jasa Internet Teleponi Untuk Keperluan Publik